



PATENT  
2760-1-006

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

APPLICANTS : Jorge Vicente BLASCO CLARET *et al*  
SERIAL NO. : 10/723,241  
FILED : November 25, 2003  
FOR : PROCESS TO OPTIMIZE COMMUNICATION FOR A  
MULTI-USER OFDM DIGITAL TRANSMISSION SYSTEM  
OVER THE ELECTRICITY NETWORK

**PETITION FOR GRANT OF PRIORITY UNDER 35 USC 119**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby petitions for grant of priority of the present Application on the basis of the following prior filed foreign Application:

<u>COUNTRY</u>	<u>SERIAL NO.</u>	<u>FILING DATE</u>
Spain	200101216	May 25, 2001

To perfect Applicant's claim to priority, a certified copy of the above listed prior filed Application is enclosed.

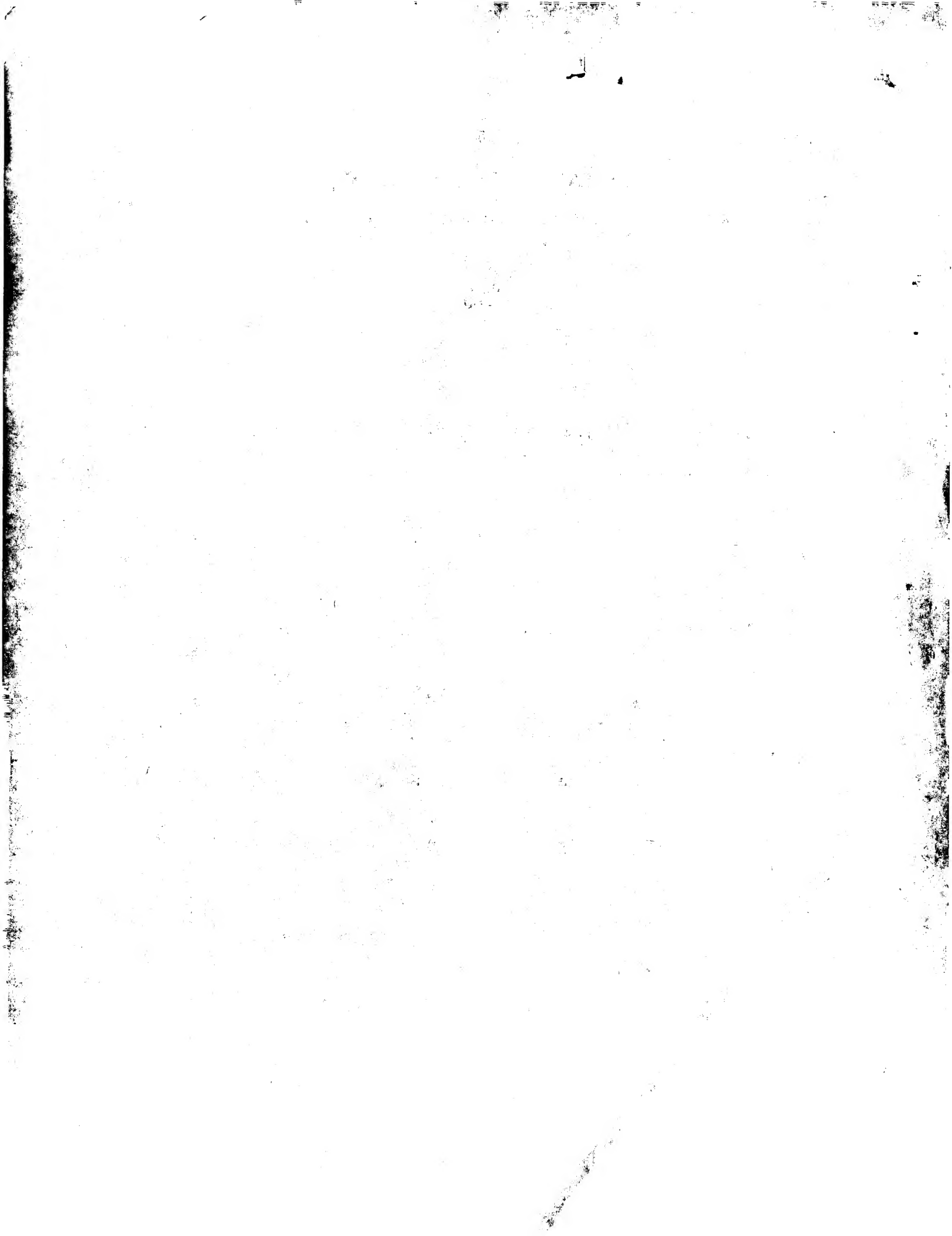
Acknowledgment of Applicant's perfection of claim to priority is accordingly requested.

Respectfully submitted,

---

Stefan J. Klauber  
Attorney for Applicant  
Registration No. 22,604

KLAUBER & JACKSON  
411 Hackensack Avenue  
Hackensack, NJ 07601  
(201)487-5800





MINISTERIO  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGIA



Oficina Española  
de Patentes y Marcas

# CERTIFICADO OFICIAL

Por la presente certifico que los documentos adjuntos son copia exacta de la solicitud de PATENTE de INVENCION número 200101216, que tiene fecha de presentación en este Organismo el 25 de mayo de 2001.

Madrid, 25 de noviembre de 2003

El Director del Departamento de Patentes  
e Información Tecnológica.

P.D.

CARMEN LENCE REIJA





MINISTERIO  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA  
MJP



Oficina Española  
de Patentes y Marcas

# INSTANCIA DE SOLICITUD

NÚMERO DE SOLICITUD

P200101216

(1) MODALIDAD:

☒ PATENTE DE INVENCION ☐ MODELO DE UTILIDAD

(2) TIPO DE SOLICITUD:

- ☐ ADICIÓN A LA PATENTE  
☐ SOLICITUD DIVISIONAL  
☐ CAMBIO DE MODALIDAD  
☐ TRANSFORMACIÓN SOLICITUD PATENTE EUROPEA  
☐ PCT: ENTRADA FASE NACIONAL

(3) EXP. PRINCIPAL O DE ORIGEN:

MODALIDAD .....  
N.º SOLICITUD .....  
FECHA SOLICITUD ...../...../.....

FECHA Y HORA DE PRESENTACIÓN EN LA O.E.P.M.

01/03/2010 15:11

FECHA Y HORA PRESENTACIÓN EN LUGAR DISTINTO O.E.P.M.

(4) LUGAR DE PRESENTACIÓN:

CÓDIGO

MADRID

218

(5) SOLICITANTE (S): APELLIDOS O DENOMINACIÓN SOCIAL

NOMBRE

NACIONALIDAD

CÓDIGO PAÍS

DNI/CIF

CNAE

PYME

DISEÑO DE SISTEMAS EN SILICIO, S.A.

ESPAÑOLA

ES

A-12469821

(6) DATOS DEL PRIMER SOLICITANTE:

DOMICILIO ..... Charles Robert Darwin, nº 2, Parque Tecnológico  
LOCALIDAD ..... PATERNA  
PROVINCIA ..... VALENCIA  
PAÍS RESIDENCIA ..... ESPAÑA  
NACIONALIDAD ..... ESPAÑOLA

TELÉFONO

FAX

CORREO ELECTRÓNICO

CÓDIGO POSTAL

CÓDIGO PAÍS

CÓDIGO PAÍS

46980

ES

ES

(7) INVENTOR (ES):

APELLIDOS

NOMBRE

NACIONALIDAD

CÓDIGO PAÍS

BLASCO CLARET  
RIVEIRO INSUA  
FOUREN

JORGE VICENTE  
JUAN CARLOS  
NILS HAKAN

ESPAÑOLA  
ESPAÑOLA  
SUECA

ES  
ES  
SE

(8) ☐ EL SOLICITANTE ES EL INVENTOR

☒ EL SOLICITANTE NO ES EL INVENTOR O ÚNICO INVENTOR

(9) MODO DE OBTENCIÓN DEL DERECHO:

☒ INVENC. LABORAL

☐ CONTRATO

☐ SUCESIÓN

(10) TÍTULO DE LA INVENCION:

PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA

(11) EFECTUADO DEPÓSITO DE MATERIA BIOLÓGICA:

☐ SI ☒ NO

(12) EXPOSICIONES OFICIALES: LUGAR

FECHA

(13) DECLARACIONES DE PRIORIDAD:

PAÍS DE ORIGEN

CÓDIGO PAÍS

NÚMERO

FECHA

(14) EL SOLICITANTE SE ACOGE AL APLAZAMIENTO DE PAGO DE TASAS PREVISTO EN EL ART. 162. LEY 11/86 DE PATENTES ☐

(15) AGENTE/REPRESENTANTE: NOMBRE Y DIRECCIÓN POSTAL COMPLETA. (SI AGENTE P.I., NOMBRE Y CÓDIGO) (RELLÉNESE, ÚNICAMENTE POR PROFESIONALES)

D.JAVIER UNGRIA LOPEZ (392/1)  
Avda. Ramón y Cajal, 78  
28043 - MADRID

(16) RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE SE ACOMPAÑAN:

- ☒ DESCRIPCIÓN N.º DE PÁGINAS: 31  
☒ N.º DE REIVINDICACIONES: 23  
☒ DIBUJOS. N.º DE PÁGINAS: 1  
☐ LISTA DE SECUENCIAS N.º DE PÁGINAS: .....  
☒ RESUMEN  
☐ DOCUMENTO DE PRIORIDAD  
☐ TRADUCCIÓN DEL DOCUMENTO DE PRIORIDAD  
☒ DOCUMENTO DE REPRESENTACIÓN  
☒ JUSTIFICANTE DEL PAGO DE TASA DE SOLICITUD  
☒ HOJA DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA  
☐ PRUEBAS DE LOS DIBUJOS  
☐ CUESTIONARIO DE PROSPECCIÓN  
☐ OTROS: .....

FIRMA DEL SOLICITANTE O REPRESENTANTE

JAVIER UNGRIA

p.p.

(VER COMUNICACIÓN AL DORSO)

FIRMA DEL FUNCIONARIO

NOTIFICACIÓN SOBRE LA TASA DE CONCESIÓN:

Se le notifica que esta solicitud se considerará retirada si no procede al pago de la tasa de concesión; para el pago de esta tasa dispone de tres meses a contar desde la publicación del anuncio de la concesión en el BOPI, más los diez días que establece el art. 81 del R.D. 2245/1986.



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

HOJA INFORMACIONES COMPLEMENTARIAS

NUMERO DE SOLICITUD

P 20 0 10 1216

FECHA DE PRESENTACION

01 JUL 25 13 21

☒ PATENTE DE INVENCION

☐ MODELO DE UTILIDAD

(4) SOLICITANTES

APELLIDOS O RAZON SOCIAL

NOMBRE

DNI

(6) INVENTORES

APELLIDOS

NOMBRE

NAC.

JIMÉNEZ MARQUINA  
GÓMEZ MARTÍNEZ  
TORRES CANTÓN  
GARCÍA SAN JOSÉ  
BLASCO ABRIL  
PARDO VIDAL  
BADENES CORELLA  
ARLANDIS MALONDA  
RAMIRO MANZANO

FRANCISCO JAVIER  
FELICIANO  
LUIS MANUEL  
AITOR  
FRANCISCO JOSÉ  
CARLOS  
AGUSTÍN  
DIEGO  
ANGEL

ES  
ES  
ES  
ES  
ES  
ES  
ES  
ES  
ES

(11) EXPOSICIONES OFICIALES

LUGAR:

FECHA:

(12) DECLARACIONES DE PRIORIDAD

PAIS DE ORIGEN

CODIGO

NUMERO

FECHA



(31) NUMERO

(32) FECHA

(33) PAIS

A1

(12) PATENTE DE INVENCION

(7) NUMERO DE SOLICITUD

P 20 016 121 6

(22) FECHA DE PRESENTACION  
25-5-2001

(71) SOLICITANTE(S)

DISEÑO DE SISTEMAS EN SILICIO, S.A.

NACIONALIDAD

ESPAÑOLA

DOMICILIO Charles Robert Darwin, nº 2 - Parque Tecnológico 46980  
PATERNA (VALENCIA)

(72) INVENTOR(ES) JORGE VICENTE BLASCO CLARET, JUAN CARLOS RIVEIRO INSUA, NILS HAKAN FOUREN, FRANCISCO JAVIER JIMENEZ MARQUINA, FELICIANO GOMEZ MARTINEZ, LUIS MANUEL TORRES CANTON, AITOR GARCIA SAN JOSE, FRANCISCO JOSE BLASCO ABRIL, CARLOS PARDO VIDAL, AGUSTIN BADENES CORELLA, DIEGO ARLANDIS MALONDA y ANGEL RAMIRO MANZANO, todos ellos de nacionalidad española, excepto el tercero que es sueco.

(73) TITULAR(ES)

(11) N.º DE PUBLICACION

(45) FECHA DE PUBLICACION

(62) PATENTE DE LA QUE ES  
DIVISIONARIA

GRAFICO (SOLO PARA INTERPRETAR RESUMEN)

(51) Int. Cl.

H04B 3/54, H04J 11/00, H04B 17/00

(54) TITULO

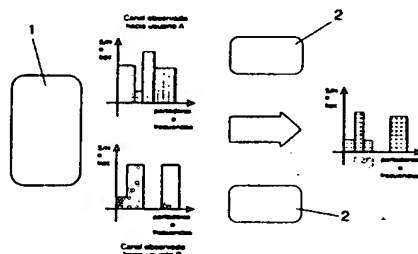
PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA  
COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN  
DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED  
ELÉCTRICA.

FIG. 1

(57) RESUMEN (APORTACION VOLUNTARIA. SIN VALOR JURIDICO)

### Procedimiento de optimización de la comunicación para sistema de transmisión digital OFDM multiusuario sobre red eléctrica.

Aplicable a la comunicación bidireccional a través de la red eléctrica entre una pluralidad de equipos de usuario (2) y un equipo de cabecera (1); se caracteriza porque monitoriza continuamente la calidad de la comunicación mediante la estima de la relación señal a ruido (S/N) de las distintas portadoras del canal ascendente y descendente por parte de los receptores de los equipos (1, 2). Los equipos de usuario monitorizan el estado de la red en cualquier momento con independencia de que sean ellos el destino o no de la transmisión. Se elige el modo óptimo de transmisión a partir de la monitorización realizada, mediante la modificación, paquete a paquete, del número de bits por portadora, de la redundancia introducida por un FEC generador de (códigos de corrección/detección de errores por anticipado), del propio código FEC y/o del modo de transmisión; para realizar la compartición de la red en tiempo y en frecuencia de forma óptima en todo momento y maximizar la capacidad de transmisión de los múltiples equipos de usuario por la red.

**PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA  
DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**

**CAMPO TECNICO DE LA INVENCION**

5 La invención pertenece al sector de las  
telecomunicaciones, y más concretamente es aplicable a la  
comunicación bidireccional entre un equipo de cabecera y  
una pluralidad de equipos de usuario, para realizar la  
optimización de la transmisión del canal descendente,  
determinado por el enlace desde el equipo de cabecera con  
10 los equipos de usuario, y para optimizar la transmisión del  
canal ascendente determinado por el enlace desde los  
equipos de usuario con el equipo de cabecera, y efectuándose  
se además la compartición de la red eléctrica para los  
canales ascendente y descendente mediante duplexación por  
15 división en frecuencia (FDD) y/o mediante duplexación por  
división en tiempo (TDD), de modo que por la red eléctrica  
se puedan ofrecer múltiples servicios a los usuarios.

**OBJETO DE LA INVENCION**

20 La invención que nos ocupa tiene por objeto  
proporcionar un nuevo procedimiento en el que se comparta  
la red eléctrica tanto en tiempo como en frecuencia de  
forma óptima y en todo momento, tanto en el canal ascenden-  
te como en el descendente, mediante la monitorización  
continua de la calidad de la comunicación del enlace ascen-  
dente y descendente mediante la estima de la relación señal  
25 a ruido (S/N) en las distintas portadoras de dichos canales  
ascendente y descendente.

La invención realiza la elección del modo  
óptimo de transmisión a partir de la monitorización  
30 realizada mediante la modificación, paquete a paquete, del  
número de bits por portadora, de la redundancia introducida  
mediante los códigos de corrección/detección de errores por  
anticipado generados por un FEC que convencionalmente se  
envían, del propio FEC y/o del modo de transmisión, de  
35 manera que se maximiza la capacidad de transmisión de los



múltiples equipos de usuario por la red de distribución de electricidad.

5 Además la invención prevé la transmisión a múltiples equipos de usuario al mismo tiempo (modo multi-cast), optimizada a las característica de transmisión de la red eléctrica.

10 La invención ha sido especialmente concebida para realizar la optimización de la comunicación del canal ascendente y descendente de la solicitud de patente española nº 200003024 referente a "sistema y procedimiento de transmisión digital de datos punto a multipunto sobre red eléctrica".

#### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 Tal y como se señala en la solicitud española de patente nº 200003024, para poder realizar la compartición de la red eléctrica tanto en tiempo como en frecuencia de forma óptima en todo momento y para maximizar la capacidad de transmisión de los múltiples usuarios por la red de distribución de electricidad, es necesario realizar  
20 una monitorización continua de las características del canal en cuanto a atenuación y desfase entre los equipos de usuario y el equipo de cabecera, y de los diferentes ruidos que afectan a la red eléctrica.

25 Este sistema utiliza modulación OFDM con múltiples portadoras que se trasmiten por todo el canal utilizando anchos de banda muy estrechos.

En dicha solicitud de patente, no se describe en detalle el procedimiento de optimización de la transmisión.

#### DESCRIPCION DE LA INVENCION

30 Para realizar la optimización de la transmisión por la red eléctrica en un sistema que comprende una pluralidad de equipos de usuario y un equipo de cabecera que están comunicados bidireccionalmente a través de dicha  
35 red eléctrica, la invención ha desarrollado un procedimien-

to que se caracteriza porque comprende:

5           - Monitorizar continuamente la calidad de la comunicación, mediante la estima de la relación señal a ruido (S/N) en las distintas portadoras del canal ascendente y descendente por parte de los receptores del equipo de cabecera y de los equipos de usuario respectivamente.

10           - Monitorizar por parte de los equipos de usuario el estado de la red en cualquier momento con independencia de que sea ese equipo de usuario el destino o no de la transmisión.

15           - Elección del modo óptimo de transmisión a partir de la monitorización realizada, mediante la modificación, paquete a paquete, del número de bits por portadora, de la redundancia introducida por el bloque de generación de códigos de corrección de errores por anticipado FEC, del propio código FEC y/o del modo de transmisión.

20           Estas características permiten realizar la compartición de la red eléctrica tanto en tiempo como en frecuencia de forma óptima en todo momento, y además permiten maximizar la capacidad de transmisión de los múltiples equipos de usuario por dicha red eléctrica.

25           El modificar el número de bits por portadora es lo mismo que modificar la modulación utilizada en cada una de las portadoras, o modificar la densidad de la constelación en la modulación. En este caso se aumenta la velocidad de transmisión.

30           Además el procedimiento de la invención comprende la característica de que el equipo de cabecera puede realizar la transmisión a múltiples equipos de usuario (modo multicast) aprovechando las características de transmisión de la red.

35           La estimación de la relación S/N, tanto en el canal ascendente como en el descendente, se realiza a partir de la señal de error del demodulador del receptor; estando determinada esta señal de error por la diferencia

entre la señal que entra al demodulador del receptor y la señal deseada, que es la señal que se estima como transmitida, si el punto de la constelación de cada portadora estuviera situado en la posición óptima de acuerdo a los posibles puntos de la constelación empleada en esa portadora, siendo la estimación de la S/N, a partir de la demodulación adecuada siempre que la tasa de bits erróneos (BER) sea suficientemente baja como para no afectar al proceso de estimación del nivel de ruido.

La monitorización de la calidad de la comunicación en enlace descendente y ascendente, comprende la estimación de la potencia de ruido mediante el demodulador del equipo de usuario y de cabecera únicamente en la señal recibida en las portadoras en las que se conoce la modulación utilizada, y se obtiene el valor de potencia de ruido a partir de una estimación del valor cuadrático medio del ruido, a partir de la señal de error del demodulador, realizando una ponderación del ruido al cuadrado durante cierto número de símbolos para evitar que los ruidos impulsivos o de corta duración de la red eléctrica produzcan errores en la estimación de la potencia de ruido en recepción.

En la monitorización de la calidad de la comunicación en el enlace descendente y ascendente, el equipo correspondiente estima la potencia de la señal, selectivamente tomando como tal un nivel normalizado en recepción que compense los efectos del canal, siendo este nivel previamente establecido y conocido por diseño por los equipos, o bien realizando una medida de la potencia de la señal recibida preferentemente tras efectuar el proceso de ecualización para compensar el efecto del canal sobre la transmisión de la señal.

Tanto en el canal ascendente como en el descendente los equipos acumulan la señal de error del demodulador tras demodular la señal recibida en las

portadoras en las que el receptor conoce la modulación empleada, para realizar la monitorización, preferentemente realizando un filtrado de la estimación para evitar las oscilaciones en dicha estimación de la potencia de ruido en las distintas portadoras.

De esta manera, el cálculo de la  $S/N$  se realiza tras acumular las muestras de error de la demodulación, bien durante ventanas (períodos de tiempo) de  $M$  símbolos de duración o bien durante ventanas en las que se han realizado al menos  $P$  medidas en todas las portadoras, de forma que se obtiene un cálculo de la  $S/N$  con una mayor fiabilidad, siendo  $M$  y  $P$  valores previamente establecidos y conocidos por todos los equipos, de manera que se evitan cambios indeseados en la optimización de la comunicación.

En el caso concreto del enlace descendente, se envían portadoras con modulación fija previamente establecida y conocida por todos los equipos, dentro de un grupo de portadoras, preferentemente con una modulación con bajas necesidades de  $S/N$  y cuya posición varía en el tiempo símbolo a símbolo dentro de cada grupo, de forma que tras cierto número de símbolos todas las portadoras de cada grupo habrán sido alguna vez forzadas a emplear la modulación fija (rejilla); todo ello de forma que el equipo de usuario monitoriza la calidad de la comunicación incluso cuando la información enviada por el equipo de cabecera se dirige hacia otro equipo de usuario, ya que conoce la modulación empleada para transmitir las portadoras de la rejilla.

Respecto a la monitorización del enlace ascendente cabe señalar que el equipo de cabecera únicamente realiza estimaciones de  $S/N$  de un cierto equipo de usuario mientras ese usuario está transmitiendo datos por el enlace ascendente, por lo que cada vez que el equipo de cabecera desea actualizar su estimación de  $S/N$  de un equipo de usuario, realiza selectivamente una de las acciones

siguientes:

5           - Ordena al equipo de usuario que envíe información específica para que el equipo de cabecera pueda medir la S/N de la forma descrita, en cuyo caso la monitorización no es una monitorización ciega, puesto que el receptor del equipo de cabecera conoce la información enviada por el transmisor.

10           - Ordenar al equipo de usuario que transmita la información que dicho equipo de usuario desee, en cuyo caso la monitorización realizada es ciega, puesto que en este caso el equipo de cabecera no conoce la información enviada por el usuario, aunque sí la modulación empleada en las portadoras de la comunicación, lo cual ha sido predeterminado con antelación a través de la comunicación entre el  
15           equipo de cabecera y los equipos de usuario.

          Por tanto la monitorización en la comunicación en el enlace ascendente se realiza mediante la estimación de la relación S/N en las distintas portadoras recibidas en el equipo de cabecera, que previamente fueron enviadas  
20           desde el equipo de usuario correspondiente.

          Tal y como fue indicado, la optimización de la transmisión comprende la posibilidad de variar el modo de transmisión de la información, a partir de la monitorización de la calidad de la comunicación, lo cual se efectúa  
25           siguiendo las siguientes pautas:

          - Si la S/N es suficientemente elevada se utilizan modulaciones con constelaciones más densas (mayor número de bits por portadora) seleccionando el número de puntos en la constelación de la modulación mediante la  
30           comparación de la S/N estimada con una serie de umbrales teóricos de S/N, junto con códigos FEC modificables, es decir con códigos de corrección y/o detección de errores por anticipado con diferentes capacidades de protección frente a errores, para aumentar al máximo la transmisión de  
35           información, todo ello manteniendo una determinada tasa

BER. Esta forma de transmisión la denominaremos transmisión en modo normal en la que se proporcionan diferentes combinaciones de constelaciones más densas o menos densas, es decir con mayor número de puntos en la constelación  
5 cuanto mayor sea la S/N, junto con códigos FEC variables, esto es, con códigos de corrección y/o detección de errores por anticipado con diferentes modos de protección de datos, para aumentar al máximo la transmisión de información, manteniendo una determinada tasa de BER. Este modo de  
10 transmisión normal permite realizar la optimización de la comunicación utilizando combinaciones de constelaciones más o menos densas y códigos con alta o baja capacidad de corrección/detección de errores. Son posibles múltiples combinaciones como utilizar una redundancia de FEC mínima  
15 y constelaciones con pocos bits por portadora, o bien utilizar códigos FEC con gran redundancia y utilizar constelaciones más densas.

- Si la S/N es demasiado baja, o bien se desea  
20 transmitir información a uno o más usuarios de forma más segura, se transmite la misma información varias veces en distintas frecuencias y/o tiempos. Este modo de transmisión se conoce como transmisión con diversidad en modo HURTO (transmisión OFDM muy segura de altas prestaciones).

Tal y como ha sido descrito, la optimización  
25 de la transmisión se realiza en base a la estimación de la S/N en las distintas portadoras, pero cabe señalar que también se tiene en cuenta la tasa de paquetes erróneos (PLR), esto es, la razón del número de paquetes recibidos correctamente entre el total enviado, la calidad de  
30 servicio (QoS) exigida y el tamaño de la información a enviar respecto a la capacidad de los símbolos OFDM, realizándose la adaptación según estos parámetros, paquete a paquete, del código FEC y de la redundancia que éste deberá introducir, del número de bits por portadora y/o de  
35 modo de transmisión (modo normal o modo HURTO); de forma

que el número de bits del paquete de información junto con la redundancia se aproxime, sin exceder, a un múltiplo entero del número de bits que se transmiten en un símbolo OFDM.

5                   Además en la optimización de la transmisión la invención prevé:

                  - Introducir márgenes de histéresis tanto para aumentar como para disminuir el número de bits por portadora utilizados a partir de la comparación de la S/N con los  
10                   umbrales de S/N previamente fijados, para mantener un determinado BER, todo ello para evitar efectos de oscilación cuando la S/N se aproxima al umbral de cambio del número de bits.

                  - Cambiar la modulación únicamente cuando el  
15                   número de portadoras que deben cambiar de modulación es mayor que un determinado valor previamente establecido.

                  - Enviar por el canal opuesto al que se realizó la estimación, las decisiones tomadas sobre el cambio en modulación de las portadoras que se envían, de  
20                   forma que para el enlace descendente el equipo de usuario monitoriza la calidad en las distintas portadoras, y en caso de estimar necesario un cambio de modulación informa al equipo de cabecera, pasando seguidamente a esperar la confirmación del equipo de cabecera del cambio de modulación antes de utilizar esta nueva modulación, mientras que  
25                   para el enlace ascendente se sigue un proceso idéntico pero en el que el equipo de cabecera monitoriza y el equipo de usuario confirma el cambio de modulación. En estos casos para enviar las decisiones tomadas sobre el cambio en  
30                   modulación de las portadoras que se envían, se utiliza preferentemente un canal de control o mensajes de control.

                  En una realización de la invención se selecciona la transmisión en modo HURTO cuando la S/N estimada está por debajo de un valor previamente establecido,  
35                   indicativo de que no puede utilizarse ni siquiera una

modulación con baja necesidad de S/N junto con códigos FEC que introduzcan una gran redundancia con garantías de obtener un determinado BER a la salida del FEC, o bien cuando se desee enviar información a uno o más equipos de usuario con gran probabilidad de que reciba la información correcta, como por ejemplo sucede en el caso de envío de mensajes de control.

La transmisión de información en el modo HURTO comprende el envío de todas las portadoras utilizadas con una modulación con bajos requisitos de S/N para su demodulación, así como la utilización de códigos FEC que introduzcan suficiente redundancia para corregir y/o detectar en recepción un gran número de errores producidos por la transmisión a través de la red eléctrica. La modulación con bajos requisitos de S/N empleada es, preferentemente, una modulación QPSK.

En la transmisión en modo HURTO el número de veces que se repite la información, es decir el grado de diversidad empleado, se modifica a partir de las características estimadas sobre la red eléctrica, modificación que se realiza paquete a paquete, recibándose la misma información tantas veces como diversidad fue seleccionada en el modo HURTO. En este caso se efectúa un proceso de combinación de las distintas señales recibidas para estimar la información realmente enviada.

En una posible implementación del procedimiento de la invención, el proceso de combinación de las distintas señales recibidas para estimar la información realmente enviada en el modo HURTO comprende realizar bien la suma coherente de las señales que se reciben en diversidad multiplicándolas por un coeficiente basado en la S/N de las portadoras en las que se recibió la información antes de la demodulación (combinador de razón máxima), o bien demodular la información que viene en diversidad de forma independiente y realizar una votación ponderada según la



señal de error de la demodulación.

Unicamente en el caso en el que se utilice diversidad en frecuencia, antes de realizar el proceso de combinación o votación pueden seleccionarse grupos de portadoras dependiendo de la distribución de la S/N estimada, o bien utilizar todas ellas, con el objetivo de optimizar el método de estimación de la información recibida en diversidad.

En el caso en el que existan múltiples ruidos impulsivos en la red eléctrica, se modifica dinámicamente la redundancia introducida por el código FEC para mantener una tasa de errores de manera que no sea necesario alterar la modulación, y se utilizan códigos con mayor capacidad de corrección de errores cuando haya más ruido afectando la transmisión.

Además la invención prevé el empleo de constelaciones más densas que las aceptables para mantener un determinado BER con una determinada S/N, para lo que se adapta el FEC para introducir una mayor redundancia, suficiente para que en recepción se mantenga dicho BER, consiguiéndose mejorar la capacidad de transmisión al utilizar modulaciones más densas manteniendo una determinada tasa de errores.

En cualquiera de los casos la adaptación del FEC se realiza paquete a paquete para ofrecer diferentes calidades de servicio (QoS), y todo ello de manera que se indica al otro extremo la configuración actual del FEC mediante los encabezamientos utilizados en los paquetes, consistiendo dicha adaptación del FEC en alterar la redundancia generada por el FEC sobre la señal, en alterar el propio código FEC utilizado para adecuarse al ruido de la línea, o bien en alterar ambos aspectos.

En una posible implementación del procedimiento de la invención se seleccionan distintas combinaciones de bits por portadora, redundancia, códigos FEC, modo de

transmisión y diversidad, almacenando en los equipos de usuario y de cabecera las combinaciones seleccionadas en una serie de tablas. Estas combinaciones se seleccionan para ofrecer distintas calidades de servicio en la comunicación como pueden ser maximizar la transmisión, minimizar latencia, etc. En este caso a partir de la estimación realizada y de los distintos parámetros descritos anteriormente, PLR, longitud, etc., se selecciona una combinación, cosa que se realiza paquete a paquete, indicándose la combinación de parámetros elegida mediante una referencia, preferentemente a una posición de la tabla, que es enviada en el encabezamiento de los mensajes. Por tanto en base a la calidad requerida y a la estimación realizada de la S/N se accede a una determinada posición de la tabla en la que se indican los diferentes parámetros a emplear, como número de bits, FEC, etc.

En el caso en el que el equipo de cabecera desee enviar una misma información a un grupo de equipos de usuario, o a todos los del sistema, utiliza selectivamente:

- La transmisión en modo HURTO.
- Constelaciones moduladas con el máximo número de bits por portadora que pueda ser utilizado siempre que todos los equipos de usuario sean capaces de demodularla adecuadamente, es decir, que todos los usuarios del grupo puedan demodularla manteniendo un determinado BER.

- Constelaciones densas, pero añadiendo la suficiente redundancia de corrección/detección de errores para que todos los usuarios del grupo sean capaces de recuperar la información enviada.

En el segundo supuesto, el equipo de usuario del grupo con menor número de bits en una portadora, es el que limita la densidad de la constelación que se puede utilizar en la transmisión de esa portadora a menos que sea aumentada la redundancia incluida en la señal, siendo los

valores de bits por portadora conocidos por el equipo de cabecera, e indicando el equipo de cabecera la información del número de bits por portadora utilizado en cada portadora mediante los encabezamientos de los mensajes que se envían al grupo de usuarios. Además en los encabezamientos también se informa de la pertenencia de uno o varios usuarios al grupo que tiene que demodular los mensajes enviados, es decir, informan de la reasignación dinámica de los grupos de usuarios realizados.

Por tanto, mediante el procedimiento de la invención se optimiza la transmisión de información en todo momento dependiendo de las condiciones del canal y de la calidad requerida en la transmisión.

A continuación para facilitar una mejor comprensión de esta memoria descriptiva y formando parte integrante de la misma, se acompaña un única figura en la que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado el objeto de la invención.

#### **BREVE ENUNCIADO DE LA FIGURA**

**Figura 1.-** Muestra un ejemplo esquemático de una forma de enviar la información a múltiples usuarios, en el que el equipo de cabecera elige el menor número de bits por portadora en cada una de las portadoras para tener garantías de que todos los equipos de usuario a los que va dirigida la información son capaces de obtenerla.

#### **DESCRIPCION DE LA FORMA DE REALIZACION PREFERIDA**

Tal y como ya ha sido comentado la invención es aplicable en aquellos sistemas en los que existe un equipo de cabecera 1 comunicado bidireccionalmente a través de la red eléctrica con una pluralidad de equipos de usuario 2 realizando la compartición de la red en el canal ascendente y descendente mediante duplexación por división en frecuencia y/o mediante duplexación por división en tiempo, trasmitiéndose una señal con modulación OFDM (Multiplexación por División Ortogonal en Frecuencia), con

múltiples portadoras con diferentes modulaciones y con códigos de corrección/detección de errores por anticipado FEC, utilizando anchos de banda muy estrechos.

5 El procedimiento de la invención comprende monitorizar continuamente la calidad de la comunicación mediante la estima de la señal a ruido (S/N) en la distintas portadoras del canal ascendente y descendente por parte de los receptores del equipo de cabecera 1 y de los receptores de los equipos de usuario 2 respectivamente.

10 En el caso de la monitorización realizada por los equipos de usuario, éstos la realizan en cualquier momento con independencia de que sean ellos los destinatarios o no, tal y como será descrito con posterioridad, lo que constituye una gran ventaja, ya que se monitoriza el estado del canal en cualquier momento sin necesidad de que les sea enviada información a cada uno de ellos.

15 Además el procedimiento de la invención, comprende la elección del modo óptimo de transmisión a partir de la monitorización realizada de la S/N, mediante la modificación del número de bits por portadora, de la redundancia introducida en la información por el FEC, del propio código FEC y/o del modo de transmisión, realizándose dicha elección en todas las portadoras recibidas.

20 Por tanto la monitorización del canal consiste en la estimación continua de la S/N en las diferentes portadoras recibidas, y dado que los anchos de banda empleados en la comunicación son estrechos, se puede asumir que la respuesta en estos anchos de banda es plana, con lo que la estima de la S/N puede realizarse de forma sencilla a partir de la señal de error del demodulador del receptor.

25 Esta señal de error es la diferencia entre la señal que está llegando al receptor en ese momento y la señal deseada (que es la señal que se estima que debería llegar, si el punto de la constelación estuviera situado en la posición

30

35 óptima de acuerdo a los posibles puntos de la constelación

empleada en esa portadora). Esta señal de error es un buen estimador del nivel de ruido respecto a la señal obtenida en el receptor.

5 En la señal transmitida el nivel de potencia de la señal está normalizado, por ejemplo con  $S=0,5$ . El nivel de la potencia de ruido ( $N$ ) puede ser estimado por el error cuadrático medio  $E_n$ , definido como la esperanza matemática del producto de la señal de ruido en la muestra actual ( $k$ ) por la señal de ruido conjugada en la muestra actual, de manera que se puede afirmar que:

$$E_n = E\{n[k]n^*[k]\}$$

$$SNR = \frac{S}{N} = \frac{0.5}{E_n}$$

15 El demodulador del receptor compensa el efecto del canal sobre la señal recibida, y a su salida se calcula la diferencia entre la señal recibida y lo que se estima que debería llegar, es decir se obtiene la señal de error.

20 Para realizar esta función el demodulador empleado puede ser coherente o diferencial, ya que es posible con cualquiera de estas dos configuraciones obtener una señal de error a partir de la que se puede estimar la  $S/N$ . Una posible implementación de esta demodulación sería una ecualización con un algoritmo LMS, RLS, etc., de los usados convencionalmente en el estado del arte.

25 Cabe la posibilidad de que haya varios equipos de usuario que estén utilizando el canal en un mismo símbolo OFDM en frecuencias distintas, por lo que no sería posible realizar una estimación de la  $S/N$  en todas las portadoras, sino solamente en las portadoras utilizadas por cada uno de los equipos de usuario. Esto no supone ningún perjuicio ya que el proceso de monitorización/adaptación se realiza portadora a portadora para ambos enlaces de comunicación, tal y como ha sido comentado con anterioridad.

35 El valor  $S/N$  obtenido según la ecuación

anterior, es una estimación que se aproxima más al valor real de la relación señal a ruido cuando la S/N es suficientemente elevada. Esto proporciona una mayor precisión a la hora de decidir la utilización de constelaciones más densas en modulación, las cuales necesitan una mayor S/N para su correcta demodulación, y por tanto proporciona una mayor precisión cuando se trate de incrementar la capacidad de transmisión sobre la red eléctrica.

Tal y como fue señalado con anterioridad, los usuarios son capaces de realizar la monitorización aunque ellos no sean los destinatarios de la información, para lo que en la transmisión del equipo de cabecera, éste envía una rejilla, que consiste en que las portadoras de los símbolos, tras la secuencia de sincronización que se utiliza convencionalmente se divide en grupos de portadoras, y dentro de cada grupo, se dividen en grupos de portadoras con una modulación fija que tenga bajas necesidades de S/N para su demodulación. Estas portadoras van cambiando su posición símbolo a símbolo dentro de cada grupo, de forma que tras cierto número de símbolos todas las portadoras de cada grupo han sido alguna vez forzadas a emplear la modulación fijada, de manera que cualquier equipo de usuario puede realizar la estimación de la S/N sobre las portadoras de la rejilla, ya que conoce la modulación empleada. Por tanto en el caso en el que la información vaya dirigida hacia otro equipo de usuario, el equipo de usuario al que no va dirigida la información realiza la monitorización únicamente sobre las portadoras de la rejilla, en las que se obtiene la señal de error en el demodulador del receptor.

En un ejemplo de realización las portadoras de la rejilla se modulan en QPSK, que es una modulación con bajas necesidades de S/N, es decir la probabilidad de su detección correcta en recepción es muy elevada.

En cualquiera de los casos, es decir, tanto

cuando la información va dirigida al equipo de usuario como cuando no, se realiza una ponderación del ruido durante cierto número de tramas para evitar que los ruidos impulsivos o de corta duración de la red eléctrica produzcan errores en la recepción. Para obtener el ruido se utiliza una estimación de la media a partir de la señal de error al cuadrado obtenida del demodulador del receptor.

A partir del ruido se estima la S/N de la forma indicada con anterioridad.

Respecto a la monitorización en el enlace ascendente, el equipo de cabecera es el que debe monitorizar la calidad de la línea mientras los equipos de usuario transmiten. El equipo de cabecera, tal y como ya fue comentado con anterioridad, únicamente puede tomar medidas de S/N de cierto equipo de usuario mientras este usuario está transmitiendo datos por el enlace ascendente. Por tanto cuando el equipo de cabecera quiere refrescar su estimación de S/N de un equipo de usuario realiza alguna de las siguientes operaciones:

- Ordena al equipo de usuario que envíe información específica para que el equipo de cabecera pueda medir la S/N. En este caso la monitorización se realiza en modo no ciego, ya que el receptor conoce la información enviada.

- Ordena al equipo de usuario que transmita la información que él desee. En este caso la monitorización es ciega, puesto que la cabecera no conoce la información que envía el equipo de usuario, aunque sí la modulación empleada.

En este caso la estimación de la S/N en las portadoras del canal ascendente se realiza obteniendo el ruido a partir de la señal de error al cuadrado, y a partir del ruido se estima la S/N de la misma forma que se indicó anteriormente para el caso del canal descendente.

Por otro lado, en la monitorización del

canal descendente, cuando el equipo de usuario es el destino de la información enviada por el equipo de cabecera, se utiliza la información recibida en todas las portadoras para realizar la estimación de S/N con la señal de error del demodulador, puesto que el usuario conoce la constelación empleada en cada una de las portadoras, lo cual fue negociado anteriormente con el equipo de cabecera, tal y como se realiza convencionalmente.

En las portadoras de la rejilla no es necesario enviar una información fija, ya que los receptores pueden realizar la monitorización en modo ciego, es decir sin conocer la información que fue enviada a priori, ya que cualquier equipo de usuario conoce la posición de las portadoras de la rejilla y puede demodular la información, puesto que sabe que en esas portadoras se utilizó la modulación fijada en el sistema por diseño. Por tanto la señal de error de la demodulación sirve para estimar la S/N en las portadoras de la rejilla.

Cuando se desea proporcionar una comunicación segura en cualquier momento, como por ejemplo sucede con las señales de control, o cuando la monitorización realizada indica que no puede utilizarse ni siquiera una modulación con baja necesidad de S/N junto con códigos FEC que introduzcan una gran redundancia con garantías de mantener un determinado BER, el sistema cambia el modo de transmisión de modo normal a modo HURTO (transmisión OFDM muy segura de altas prestaciones).

Este modo de transmisión consiste en que la transmisión por el canal de comunicaciones se realiza con diversidad en frecuencia y/o en tiempo, esto es, la misma información se envía varias veces en distintas frecuencias y/o instantes de tiempo, y además con todas las portadoras utilizadas en una modulación con bajos requisitos de S/N para su demodulación, como por ejemplo QPSK, y códigos de detección/corrección de errores por anticipado (introduci-



dos por el FEC) que introduzcan suficiente redundancia para corregir y/o detectar en recepción un gran número de errores producidos por la transmisión a través de la red eléctrica. Por tanto el receptor recibe varias veces la misma información con lo que se aumenta la probabilidad de que se puede decodificar correctamente el mensaje enviado.

El número de veces que se repite la información, esto es, el grado de diversidad empleado, se modifica a partir de las características estimadas sobre la red eléctrica. Este factor puede ser modificado paquete a paquete. Cabe la posibilidad de que los equipos tengan unas configuraciones definidas, por ejemplo en una tabla, y que por protocolo se indique la utilización de una u otra configuración del grado de diversidad a emplear. Esta indicación se efectúa con preferencia en los encabezamientos de los mensajes.

En un ejemplo de implementación, se utiliza una diversidad de 8 con 512 portadoras en total y únicamente diversidad en frecuencia, en este caso se envía la información en las portadoras  $k$ ,  $k+64$ ,  $k+128$ , etc., modulada en QPSK.

Como consecuencia, el usuario recibe la misma información tantas veces como diversidad se seleccionó en el modo HURTO. Cabe la posibilidad de que existan errores en estas informaciones recibidas debido a la transmisión por la red eléctrica, por lo que el equipo de usuario ha de decidir qué información fue realmente transmitida. Existen múltiples formas de tomar esta decisión, por ejemplo:

- Elegir de entre todas las veces que llegó la misma información la que fue transmitida por las portadoras con mayor valor de  $S/N$  (selección de máxima  $S/N$ ).

- Añadir coherentemente las señales recibidas que llevan la misma información después de multiplicarlas por un peso basado en la  $S/N$  de las portadoras por donde se transmitió cada señal, y demodular la forma de onda resul-

tante (combinador de razón máxima).

Tras realizar la monitorización de la calidad de la comunicación, el procedimiento de la invención elige la forma óptima de comunicación según las siguientes posibilidades:

5                   - Si la S/N es suficientemente elevada se utilizan modulaciones más densas (con mayor número de puntos en la constelación cuanto mayor sea la S/N) junto con códigos FEC variables, esto es, con códigos de corrección y/o detección de errores por anticipado con diferentes  
10                   modos de protección de datos, para aumentar al máximo la transmisión de información manteniendo un determinado BER. Cabe la posibilidad de múltiples combinaciones, como utilizar una redundancia de FEC mínima y constelaciones con  
15                   pocos bits por portadora, o utilizar códigos con gran redundancia y utilizar constelaciones más densas (con más bits por portadora).

                  - Si la S/N es demasiado baja, o bien se desea transmitir información a uno o más usuarios de forma más  
20                   segura, se envía la información con diversidad en frecuencia y/o tiempo gracias a la transmisión en modo HURTO anteriormente descrita.

                  Por lo tanto, mediante la optimización de transmisión de la invención se realiza una adaptación de la  
25                   capacidad de transmisión. Desde un punto de vista teórico, la capacidad de transmisión por cualquier canal de comunicaciones está limitado por el ancho de banda del canal y por el valor de la relación señal a ruido en ese canal. Mediante la fórmula de Shannon se obtiene el límite teórico  
30                   de esta capacidad:

$$C = W \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{P}{WN_0} \right) = W \cdot \log_2 (1 + SNR)$$

35                   donde W es el ancho de banda del canal, P la potencia empleada,  $N_0$  es la densidad de ruido y SNR es la

relación señal a ruido ( $S/N$ ).

5 Esta capacidad teórica de transmisión es mayor que la que se puede conseguir utilizando los algoritmos de codificación y decodificación usuales en la transmisión de información, pero de la expresión matemática anterior se desprende un criterio para optimizar la transmisión: con mayores valores de  $S/N$  se puede utilizar el canal para transmitir más información, lo que justifica las afirmaciones realizadas anteriormente en esta descripción.

10 A partir de la estimación de la calidad del canal, el sistema modifica el modo de transmisión de forma adaptativa, teniendo como objetivo conseguir la máxima capacidad de transmisión mientras ésta siga siendo segura. En un ejemplo de implementación si se utilizaran constelaciones  $m$ -QAM, la modificación del modo de transmisión consistiría en modificar la " $m$ " con  $m \in \{0, 2, 4, 8, 16, 32, 64, \dots\}$ , a partir de las estimaciones de calidad.

15 La adaptación de la capacidad de transmisión se realiza paquete a paquete a partir de la estimación  $S/N$  en las distintas portadoras, de la tasa de paquetes perdidos (PLR), de la calidad de servicio (QoS) exigida y del tamaño de la información a enviar, decidiéndose a partir de estos parámetros el código FEC y la redundancia que éste deberá introducir, así como el número de bits por portadora y el modo de transmisión (modo normal o modo HURTO).

20 Todo este proceso se realiza según un criterio de transmisión segura, que según una realización consiste en mantener una determinada razón de bits erróneos recibidos entre los totales (BER), o en otra realización consiste en mantener una determinada razón de paquetes recibidos con algún bloque FEC erróneo entre los totales (PLR).

25 La tasa de error que puede permitirse depende de la calidad del servicio que el sistema esté ofreciendo en estos momentos para una determinada aplicación.

A continuación se introducen algunos conceptos sobre las tasas de error en un sistema de comunicaciones para facilitar la comprensión del criterio utilizado en la invención. Estos conceptos son los siguientes:

5           - Tasa de error bruta por bit (RBER) que es la tasa de los bits erróneos entre los totales a la salida del demodulador.

10           - Tasa de error de bloques FEC (FER) que es la tasa de los bloques (FEC) que no han sido corregidos (entre los totales).

            - Tasa de paquetes perdidos (PLR) que es la tasa de paquetes recibidos que contienen uno o más bloques FEC erróneos.

15           La PLR es variable, pero su valor es conocido para una calidad de servicio determinada. Así por ejemplo en una implementación se considera como suficiente, para que la transmisión por el canal tenga unas garantías de calidad aceptable para la mayoría de las aplicaciones, un  $PLR=10^{-4}$ .

20           Los anteriores parámetros pueden relacionarse entre sí de forma matemática. Así por ejemplo utilizando códigos Reed-Solomon en el FEC se obtiene:

25           
$$p_b = RBER$$
$$p_B = 1 - (1 - p_b)^8$$
$$p_F = 1 - \sum_{k=0}^t \binom{N}{k} p_B^k (1 - p_B)^{N-k}$$
$$FER = p_F$$

30           siendo  $p_b$  la tasa de error bruta por bit,  $p_B$  la tasa de error bruta por byte,  $p_F$  la tasa de error de bloques FEC,  $t$  el máximo número de bytes erróneos que pueden ser corregidos por el código de corrección/detección de errores y  $N$  el número de bytes tras añadir redundancia  
35           mediante el FEC.

Además la tasa de paquetes perdidos PLR y la tasa de error en los bloques FEC (FER) están directamente relacionadas por la siguiente ecuación:

$$PLR = 1 - (1 - FER)^m$$

Siendo m el número medio de bloques FEC en un paquete de datos. Por ejemplo para paquetes de datos de 1518 bytes, si se utilizan códigos Reed-Solomon (252, 232), el número medio de bloques por paquetes será de 6,5431 aproximadamente = 7.

A partir de las anteriores relaciones el valor seleccionado de PLR da lugar a un valor máximo de RBER a la salida del demodulador.

Por ejemplo, si se especifica  $PLR = 10^{-4}$

$$FER = 1 - \sqrt[m]{1 - PLR} = 1 - \sqrt[7]{1 - 10^{-4}} = 1.4286 \cdot 10^{-5}$$

Y para mantener este valor de FER, es necesario que  $P_b = 8,556 \times 10^{-3}$ ; lo que equivale a que  $P_b = 1,07347 \times 10^{-3}$ .

Es posible relacionar la probabilidad de un símbolo erróneo con la S/N de la portadora en la modulación. Así, en un ejemplo de implementación, si se utiliza una constelación rectangular con m-QAM con  $m = 2^k$  siendo k par, se puede dividir la constelación QAM en dos modulaciones PAM en cuadratura, y la probabilidad de tomar la decisión correcta de un punto de la constelación viene determinado por:

$$P_c = (1 - P_{\sqrt{M}})^2$$

$$P_{\sqrt{M}} = 2 \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{M}} \right) Q \left( \sqrt{\frac{3}{M-1}} \cdot \left( \frac{S}{N} \right) \right)$$

Siendo Q (x) la función matemática utilizada para calcular el área bajo la cola de una función de densidad de probabilidad gaussiana, cuya definición es la

siguiente:

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2/2} dt, \quad x \geq 0$$

5                   Y que se relaciona con la función complementaria de error, ERFC, (utilizada habitualmente en estadística) como:

$$Q(x) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right)$$

10

Donde, además,  $P_c$  es la probabilidad de tomar en recepción una decisión correcta en un sistema QAM con  $M$  puntos de constelación, y  $P_{\sqrt{M}}$  es la probabilidad de error en un sistema PAM con  $\sqrt{M}$  puntos que tenga la mitad de potencia media en cada señal en cuadratura que el sistema QAM equivalente.

15

Evidentemente con otros tipos de constelaciones se pueden hallar fórmulas similares o bien relaciones gráficas entre la probabilidad de tomar una decisión correcta en recepción y el valor de  $S/N$ .

20

Utilizando las fórmulas anteriormente descritas pueden obtenerse una serie de umbrales de  $S/N$  suficientes para conseguir un valor de  $p_b$ . Los umbrales dependen de los códigos de corrección/detección utilizados.

25

A partir de estos umbrales se puede utilizar un número determinado de bits por portadora (bpc) y por tanto modificar la modulación tras realizar la estimación de la  $S/N$  en la portadora en cuestión.

30

En una posible implementación del sistema, con modulación QAM variable de 2, 4, 6 y 8 bits por portadora, y un FEC que utilice códigos Reed-Solomon (252, 232) y (40,20), se obtienen los siguientes umbrales de  $S/N$  siguiendo el razonamiento anterior, a partir de los que se pueden utilizar las distintas modulaciones:

35

5

Códigos Reed-Solomon (252,232)		
Umbral Nominal	Bits por Portadora (bpc)	Modulación
9.7396 dB	2	4-QAM
16.479 dB	4	16-QAM
22.482 dB	6	64-QAM
28.343 dB	8	256-QAM

10

Códigos Reed-Solomon (40,20)		
Umbral Nominal	Bits por Portadora (bpc)	Modulación
8.020 dB	2	4-QAM
14.642 dB	4	16-QAM
20.529 dB	6	64-QAM
26.279 dB	8	256-QAM

15

Este mismo razonamiento puede ser utilizado para proporcionar distintas calidades de servicio, que se traducen en distintos valores de PLR. Para cada una de las calidades de servicio, y por cada tipo de código de corrección/detección elegido, se encuentra un valor distinto de RBER y a partir de estos valores se obtiene el umbral de S/N a partir del cual se puede utilizar la nueva modulación.

20

Por ejemplo, si en una implementación se definen tres calidades de servicio diferentes por su tasa de paquetes perdidos:

25

Calidad de Servicio	Tasa de paquetes perdidos
QoS-1	$10^{-2}$
QoS-2	$10^{-3}$
QoS-3	$10^{-4}$

30

Entonces los valores de RBER a partir de los que se obtienen los umbrales de BER son los siguientes:

35

	QoS-1	QoS-2	QoS-3
RS (252,232)	$1.85 \times 10^{-3}$	$1.35 \times 10^{-3}$	$1.07 \times 10^{-3}$
RS (40,20)	$9.7 \times 10^{-3}$	$7.5 \times 10^{-3}$	$5.87 \times 10^{-3}$

El tamaño de la información a enviar también puede ser utilizado para optimizar la comunicación, tal y como se ha señalado anteriormente. El número de bits del paquete de información, junto con la redundancia, se debe aproximar, sin exceder, a un múltiplo entero del número de bits que se transmiten en un símbolo OFDM. Comparando el tamaño de la información y el del múltiplo más próximo (del número de bits transmisibles por un símbolo OFDM) se puede concluir si se puede enviar más información de redundancia y cuánta. Esta información de redundancia aumentará la probabilidad de obtener la información correcta en recepción, lo que incrementa indirectamente la capacidad de transmitir la información.

El número de bits por portadora y las otras informaciones sobre la forma en la que la información va a ser enviada puede ser negociada paquete a paquete, tal y como fue señalado anteriormente.

Es pues posible utilizar tablas con configuraciones fijas conocidas por los equipos de cabecera y de usuario, y dependiendo de los resultados del algoritmo de adaptación se negocia la utilización de uno u otro modo por protocolo. Así, en una realización preferida se utilizan los encabezamientos de los mensajes para indicar la utilización de una determinada posición de la tabla de configuraciones.

Por tanto, para adaptar la capacidad de transmisión se pueden utilizar múltiples combinaciones de bits por portadora y redundancia introducida por códigos FEC, siempre con el objetivo de mantener un determinado BER.

Por consiguiente, mediante la invención, el valor S/N estimado se utiliza para calcular una combinación de número de bits por portadora, códigos y redundancia introducida por el FEC para mantener un determinado RBER, optimizando la capacidad de transmisión, tal y como ha sido



descrito anteriormente. Los umbrales de decisión presentados anteriormente indican la modulación que debe ser seleccionada mientras se utilice un determinado FEC, aunque también es posible utilizar códigos FEC que proporcionen mayor protección frente a errores y aplicar modulaciones con mayor número de bits que las recomendadas por los umbrales, obteniendo, si la redundancia introducida ha sido suficiente, valores de RBER similares.

Cualquier cambio calculado en el equipo de usuario debe ser comunicado al equipo de cabecera utilizando para ello parte del canal ascendente, de manera que mientras el equipo de cabecera no informe al equipo de usuario que ha cambiado la constelación utilizada en la modulación de las portadoras indicadas, el equipo de usuario no actualiza la forma de demodulación de la señal recibida en esas portadoras. En el canal ascendente se realiza un proceso similar, aunque en este caso es el equipo de cabecera el que determina el cambio de modulación y espera confirmación por parte del usuario implicado.

Para evitar efectos de oscilación cuando la S/N se aproxima al umbral, de manera que no se pierda capacidad de transmisión de comunicación ya que cualquier cambio calculado en el equipo de usuario debe ser comunicado al equipo de cabecera utilizando para ello parte del canal ascendente que podría ser utilizado en esos momentos para la transmisión de información y viceversa, se introducen unos márgenes de histéresis tanto para aumentar como para disminuir el número de bits por portadora.

En un ejemplo de implementación, para el caso de  $RBER=1,07 \times 10^{-3}$ , un FEC fijo RS(252,232), y modulación QAM con 2, 4, 6 y 8 bits por portadora, se emplea una tabla de umbrales según se muestra a continuación:

5

Umbral Nominal	Umbral de bajada	Umbral de subida	Bits por portadora	Modulación
9.6 dB	8.6 dB	11.6 dB	2	4 - QAM
16.6 dB	15.5 dB	18.5 dB	4	16 - QAM
22.5 dB	21.5 dB	24.5 dB	6	64 - QAM
28.5 dB	27.5 dB	30.5 dB	8	256 - QAM

Por ejemplo, si actualmente en una portadora se está utilizando modulación 16-QAM, para aumentar el número de bits a una modulación 64-QAM, es necesario que la S/N estimada sea mayor que 24,5 dB, mientras que para bajar el número de bits a una modulación 4-QAM es necesario que la S/N estimada sea menor que 15,5 dB.

El cambio en la modulación únicamente se efectúa cuando son varias las portadoras que deben cambiar de modulación. Así, las portadoras se pueden agrupar en bloques, y solamente cuando un número determinado de portadoras de un bloque deban cambiar de modulación, se informa de esta necesidad al otro extremo de la comunicación. Las decisiones tomadas sobre el cambio en modulación de las portadoras se envían por el canal opuesto al que se realizó la estimación.

Para ello, se utiliza un canal de control, preferentemente mediante el envío de mensajes de control, para informar de este cambio al otro extremo.

Para actualizar con mayor velocidad las medidas de S/N cabe la posibilidad de asumir que la S/N en dos portadoras adyacentes ( $k$  y  $k+1$ ) es igual. Este proceso puede repetirse con múltiples portadoras, pero la resolución en frecuencia será peor cuantas más portadoras se asuma que tienen idéntica S/N.

Tal y como fue descrito con anterioridad, a partir de la monitorización de la calidad de línea se decide la forma óptima de comunicación, la cual se elige con objeto de maximizar la capacidad de transmisión manteniendo un determinado BER a la salida del FEC.

Esto, tal y como ya ha sido descrito con anterioridad, se puede realizar de múltiples formas: alterando el número de bits por portadora (esto es, la constelación utilizada en cada portadora), la redundancia  
5 introducida para realizar la corrección/detección de errores en recepción e incluso el código FEC utilizado para generar esta redundancia sobre la señal. Por ejemplo se podría enviar las portadoras con constelaciones poco densas (con un bajo número de bits por portadora) y con códigos  
10 FEC que introduzcan poca redundancia, o bien constelaciones más densas pero utilizando códigos FEC con mayor redundancia, para evitar los posibles errores en recepción.

El mayor problema que presenta la transmisión por red eléctrica, consiste en que el ruido de la línea no  
15 tiene características estacionarias, es decir no sólo presenta el ruido blanco gaussiano, sino que también está afectada por otros ruidos, como ruidos impulsivos o ruidos múltiples de la frecuencia fundamental de la distribución eléctrica: 50 Hz ó 60 Hz en redes tales como la norteamericana.  
20

Modificando dinámicamente la redundancia introducida por el FEC se puede mantener una tasa de errores sin necesidad de alterar la modulación (número de bits asignado a cada una de las portadoras), corrigiendo  
25 más errores cuando haya más ruido afectando a la transmisión.

Por otro lado, se pueden utilizar constelaciones más densas (con lo que se transmitiría a una mayor velocidad) adaptando el FEC para que introduzcan más  
30 redundancia, de forma que en recepción se mantenga un determinado BER mientras se consigue mejorar la capacidad de transmisión.

La adaptación del FEC puede realizarse paquete a paquete, tal y como ya fue indicado con anterioridad, de  
35 forma que se indica al otro extremo la configuración actual

del FEC (código y redundancia) mediante los encabezamientos utilizados en los paquetes. La adaptación del FEC no sólo consiste en alterar la redundancia generada por el FEC sobre la señal, sino que también consiste en la posibilidad de alterar el código FEC utilizado para adecuarse al ruido de la línea. Por ejemplo, los códigos Reed-Solomon resultan adecuados en los casos de ruidos impulsivos mientras que los convolucionales son más adecuados cuando el ruido de fondo de la línea es el principal responsable del deterioro de la comunicación.

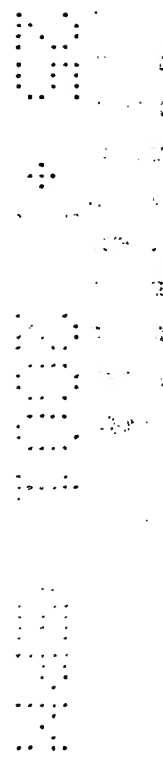
Tal y como ya fue señalado con anterioridad cuando el equipo de cabecera quiere enviar una misma información a un grupo de usuarios, o bien a todos los usuarios del sistema, puede utilizar la transmisión en modo HURTO, tal y como ya fue descrito con anterioridad, pero además puede utilizar constelaciones moduladas con el máximo número de bits por portadora que puede utilizarse siempre que todos los usuarios sean capaces de demodularla adecuadamente, manteniendo un determinado BER.

Además, cabe la posibilidad de que el equipo de cabecera aplique constelaciones densas, pero añadiendo la suficiente redundancia de corrección/detección de errores para que todos los usuarios del grupo sean capaces de recuperar la información enviada adecuadamente.

El equipo de cabecera conoce el número de bits por portadora que tiene que utilizar para transmitir información por el enlace descendente a cada uno de los usuarios en base a la descripción realizada. El usuario del grupo con menor número de bits en una portadora es el que limita la densidad de la constelación en esa portadora a menos que se aumente la redundancia incluida en la señal. En este caso la información del número de bits por portadora utilizado en cada portadora se indica mediante los encabezamientos del mensaje que se envía al grupo de usuarios.

En la figura 1 se observa un ejemplo de esta forma de enviar la información a múltiples equipos de usuario 2, en la que se observa que el equipo de cabecera 1 elige el menor número de bits por portadora (bpc) en cada una de las portadoras para tener garantías de que todos los usuarios del grupo son capaces de obtener la información.

El equipo de cabecera reasigna los grupos de equipos de usuario de forma dinámica, esto es, los componentes de cada grupo no son fijos, y la pertenencia al grupo o grupos que tienen que demodular los mensajes se indica en los encabezamientos de dichos mensajes.



### REIVINDICACIONES

- 1.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA, existiendo una pluralidad
- 5 de equipos de usuario (2) y un equipo de cabecera (1) comunicados bidireccionalmente a través de la red eléctrica, efectuándose la optimización en la transmisión tanto para la comunicación por el canal ascendente, determinado por el enlace desde los equipos de usuario hasta el equipo de
- 10 cabecera, como para el canal descendente, determinado por el enlace desde el equipo de cabecera hasta los equipos de usuario; efectuándose además la compartición de la red eléctrica para los canales ascendente y descendente mediante duplexación por división en frecuencia (FDD) y/o
- 15 mediante duplexación por división en tiempo (TDD); y trasmitiéndose una señal con modulación OFDM (multiplexación por división ortogonal en frecuencia) con múltiples portadoras, con diferentes modulaciones y con códigos de corrección/detección de errores por anticipado (FEC), que
- 20 se envían por todo el canal utilizando anchos de banda muy estrechos; caracterizado porque comprende:
- monitorizar continuamente la calidad de la comunicación mediante la estima de la relación señal a ruido (S/N) en las distintas portadoras del canal ascendente y descendente por parte de los receptores del equipo de
  - 25 cabecera y de los equipos de usuario respectivamente;
  - monitorizar por parte de los equipos de usuario el estado de la red en cualquier momento con independencia de que sea ese equipo de usuario el destino
  - 30 o no de la transmisión;
  - elegir el modo óptimo de transmisión a partir de la monitorización realizada, mediante la modificación, paquete a paquete, del número de bits por portadora, de la redundancia introducida por el FEC, del propio
  - 35 código FEC y/o del modo de transmisión; todo ello para

poder realizar la compartición de la red tanto en tiempo como en frecuencia de forma óptima en todo momento y maximizar la capacidad de transmisión de los múltiples equipos de usuario por la red.

5

10

15

20

25

30

35

**2.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según reivindicación 1, caracterizado porque la estimación de la relación señal a ruido ( $S/N$ ) se realiza a partir de la señal de error del demodulador del receptor, estando ésta determinada por la diferencia entre la señal que entra al demodulador del receptor y la señal deseada (señal que se estima como transmitida, si el punto de la constelación de cada portadora estuviera situado en la posición óptima de acuerdo a los posibles puntos de la constelación empleada en esa portadora); siendo la estimación de  $S/N$ , a partir de la demodulación, adecuada siempre que la tasa de bits erróneos (BER) sea suficientemente baja como para no afectar al proceso de estimación del nivel de ruido.

**3.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según reivindicación 2, caracterizado porque la monitorización de la calidad de la comunicación en el enlace descendente y ascendente comprende la estimación de la potencia de ruido ( $N$ ) mediante el demodulador del equipo de usuario y de cabecera únicamente en la señal recibida en las portadoras en las que se conoce la modulación utilizada, y se obtiene el valor de potencia de ruido a partir de una estimación del valor cuadrático medio del ruido, a partir de la señal de error del demodulador, realizando una ponderación del ruido al cuadrado durante cierto número de símbolos para evitar que los ruidos impulsivos o de corta duración de la red eléctrica produzcan errores en la estimación de la potencia de ruido en recepción.

4.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA, según reivindicación 2, caracterizado porque en la monitorización de la calidad de la comunicación en el enlace ascendente y descendente, los equipos de usuario y de cabecera estiman la potencia de la señal (S) de forma selectiva tomando como potencia de la señal un nivel normalizado en recepción, que compensa los efectos del canal, siendo este nivel previamente establecido y conocido por diseño, o realizando una medida de la potencia de la señal recibida, preferentemente tras efectuar el proceso de ecualización para compensar el efecto del canal sobre la transmisión de la señal.

5.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA, según reivindicación 4, caracterizado porque se acumula la señal de error del demodulador tras demodular la señal recibida en las portadoras en las que se conoce la modulación empleada, preferentemente realizando un filtrado de la estimación para evitar las oscilaciones en dicha estimación de la potencia de ruido en las distintas portadoras.

6.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA, según reivindicación 5, caracterizado porque el cálculo de la S/N se realiza tras acumular las muestras de error de la demodulación, selectivamente durante ventanas (períodos de tiempo) de M símbolos de duración o bien durante ventanas en las que se han realizado al menos P medidas en todas las portadoras, siendo M y P valores previamente establecidos y conocidos por todos los equipos.

7.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA, según reivindicación 5,



caracterizado porque en la transmisión por el enlace descendente se envían ciertas portadoras con una modulación fija previamente establecida y conocida por todos los equipos; preferentemente con bajas necesidades de S/N y cuya posición varía en el tiempo (rejilla), para que el equipo de usuario monitorice la calidad de la comunicación incluso cuando la información enviada por el equipo de cabecera es dirigida hacia otro equipo de usuario, al conocer la modulación empleada para transmitir las portadoras de la rejilla; comprendiendo además la acumulación de muestras de ruido aunque el equipo de usuario no sea el destino de la transmisión.

**8.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA,** según reivindicaciones 2 a 6, caracterizado porque en la monitorización del enlace ascendente el equipo de cabecera únicamente realiza estimaciones de S/N de un cierto equipo de usuario mientras que éste está transmitiendo datos por el enlace ascendente, para lo que cuando el equipo de cabecera quiere actualizar su estimación de S/N de un equipo de usuario realiza selectivamente una de las acciones siguientes:

- ordena al equipo de usuario que envíe información específica para que el equipo de cabecera pueda medir la S/N; con lo que la monitorización no es ciega al conocer el receptor la información enviada por el transmisor;

- ordena al equipo de usuario que transmita la información que él desee; con lo que la monitorización es ciega, al no conocer el receptor la información enviada, aunque sí la modulación empleada para su transmisión.

**9.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA,** según reivindicación 8, caracterizado porque la monitorización en la comunicación

del enlace ascendente se realiza mediante la estimación de la relación S/N en las distintas portadoras recibidas en el equipo de cabecera.

5       **10.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la elección del modo óptimo de transmisión se selecciona a partir de la monitorización de la calidad de la comunicación, siguiendo las  
10       siguientes pautas:

      - Si la S/N es suficientemente elevada se utilizan modulaciones más densas (con mayor número de bits por portadora), seleccionando el número de puntos en la constelación de la modulación mediante la comparación de la  
15       S/N estimada con una serie de umbrales de S/N previamente definidos, junto con códigos FEC variables, para aumentar al máximo la transmisión de información; todo ello manteniendo una determinada tasa de error por bit (BER);

      - si la S/N es demasiado baja, o se desea  
20       transmitir información a uno o más equipos de usuario de forma más segura, se envía la misma información varias veces en distintas frecuencias y/o tiempo (transmisión con diversidad en modo HURTO (transmisión OFDM muy segura de altas prestaciones)).

25       **11.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según reivindicación 10, caracterizado porque a partir de la S/N en las distintas  
30       portadoras, de la tasa de paquetes erróneos (PLR), de la calidad de servicio (QoS) exigida y del tamaño de la información a enviar respecto a la capacidad de los símbolos OFDM, se adapta paquete a paquete el código FEC y la redundancia a introducir por éste, el número de bits por portadora (constelación utilizada en cada portadora) y  
35       el modo de transmisión (modo normal o modo HURTO); de forma

que el número de bits del paquete de información junto con la redundancia se aproxime, sin exceder, a un múltiplo entero del número de bits que se transmiten en un símbolo OFDM.

5

**12.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA,** según reivindicación 11, caracterizado porque en la adaptación de la capacidad de transmisión se:

10

- introducen márgenes de histéresis tanto para aumentar como para disminuir el número de bits por portadora utilizados a partir de la comparación de la S/N con los umbrales de S/N previamente fijados para mantener un determinado BER, todo ello para evitar efectos de oscilación cuando S/N se aproxima al umbral;

15

- cambia la modulación únicamente cuando el número de portadoras que deben cambiar de modulación es mayor que un determinado valor previamente establecido;

20

- envía por el canal opuesto al que se realizó la estimación, y preferentemente utilizando un canal de control o mensajes de control, las decisiones tomadas sobre el cambio en modulación de las portadoras;

25

- espera la confirmación de que ha sido recibida la indicación del cambio de modulación de las portadoras, antes de utilizar esa nueva modulación.

30

**13.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA,** según reivindicación 10, caracterizado porque se selecciona la transmisión en modo HURTO cuando la S/N estimada está por debajo de un valor, previamente establecido, indicativo de que no puede utilizarse ni siquiera una modulación con baja necesidad de S/N junto con códigos FEC que introduzcan una gran redundancia con garantías de obtener un determinado BER a la salida del FEC, o bien cuando se desee enviar información

35

a uno o más equipos de usuario con gran probabilidad de que se reciba la información correcta, siendo preferente este modo de transmisión en el caso de mensajes de control.

5       **14.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA**  
**COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM**  
**MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según reivindicación 13,  
caracterizado porque la transmisión de información en el  
modo HURTO comprende el envío de todas las portadoras  
10       utilizadas con una modulación con bajos requisitos de S/N  
para su demodulación, preferentemente modulación QPSK, así  
como la utilización de códigos de corrección de errores por  
anticipado FEC que introduzcan suficiente redundancia para  
corregir y/o detectar en recepción un gran número de  
15       errores producidos por la transmisión a través de la red de  
distribución de electricidad.

**15.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA**  
**COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM**  
**MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según reivindicación 14,  
caracterizado porque en el modo HURTO el número de veces  
20       que se repite la información (grado de diversidad empleada)  
se modifica a partir de las características estimadas sobre  
la red eléctrica, modificación que se realiza paquete a  
paquete; recibiendo el equipo la misma información tantas  
veces como diversidad fue seleccionada en el modo HURTO;  
25       realizándose un proceso de combinación de las distintas  
señales recibidas para estimar la información realmente  
enviada.

**16.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA**  
**COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM**  
**MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según reivindicación 15,  
30       caracterizado porque el proceso de combinación de las  
distintas señales recibidas para estimar la información  
realmente enviada en el modo HURTO comprende realizar  
selectivamente la suma coherente de las señales que se  
35       reciben en diversidad multiplicándolas por un coeficiente

basado en la S/N de las portadoras en las que se recibió la información antes de la demodulación (combinador de razón máxima), o demodular la información que viene en diversidad de forma independiente y realizar una votación ponderada según la señal de error de la demodulación.

5  
10  
15  
**17.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA,** según reivindicación 16, caracterizado porque únicamente en el caso en que se utiliza diversidad en frecuencia, antes de realizar el proceso de combinación o votación, pueden seleccionarse grupos de portadoras dependiendo de la distribución de la S/N estimada o utilizar todas ellas, para optimizar el método de estimación de la información recibida en diversidad.

20  
25  
**18.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA,** según reivindicación 10, caracterizado porque se modifica dinámicamente la redundancia introducida por el FEC para mantener una tasa de errores sin alterar la modulación (número de bits asignado a cada una de las portadoras), y se utilizan códigos FEC con mayor capacidad de corrección de errores cuando haya más ruido afectando a la transmisión, preferentemente en el caso de existir múltiples ruidos impulsivos.

30  
**19.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA,** según reivindicación 18, caracterizado porque en la transmisión se utilizan constelaciones más densas que las aceptables para mantener un determinado BER con una determinada S/N, para lo que se adapta el FEC para introducir una mayor redundancia, para alcanzar dicho BER y aumentar la capacidad de transmisión.

35  
**20.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM**

**MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según reivindicación 19, caracterizado porque la adaptación del FEC se realiza paquete a paquete para ofrecer diferentes calidades de servicio (QoS); indicándose al otro extremo la configuración actual del FEC mediante los encabezamientos utilizados en los paquetes, consistiendo dicha adaptación del FEC en alterar la redundancia generada por el FEC sobre la señal, en alterar el código FEC utilizado para adecuarse al ruido de la línea, o en alterar ambos aspectos.

**21.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se seleccionan distintas combinaciones de bits por portadora, redundancia, códigos FEC, modo de transmisión, y diversidad, almacenándose en los equipos de usuario y de cabecera una serie de tablas referentes a las diferentes combinaciones seleccionadas; siendo éstas seleccionadas para ofrecer distintas calidades de servicio (QoS); comunicándose el cambio de una combinación a otra paquete a paquete, e indicándose la combinación de parámetros elegida mediante una referencia, preferentemente a una posición de la tabla, que es enviada en el encabezamiento de los mensajes.

**22.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según reivindicación 10, caracterizado porque cuando el equipo de cabecera quiere enviar una misma información a un grupo de equipos de usuario o a todos los usuarios del sistema, utiliza selectivamente:

- la transmisión en modo HURTO;
- constelaciones moduladas con el máximo número de bits por portadora que puede ser utilizado, mientras que todos los equipos del grupo de usuarios sean capaces de demodular este número máximo de bits por

portadora manteniendo un determinado BER;

- constelaciones densas, pero añadiendo la suficiente redundancia en los códigos FEC para que todos los usuarios del grupo sean capaces de recuperar la información enviada.

5

**23.- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA,** según reivindicación 22, caracterizado porque el equipo de usuario del grupo con menor número de bits en una portadora limita la densidad de la constelación que se puede utilizar en la transmisión de esa portadora a todos los equipos de usuario del grupo, salvo que sea aumentada la redundancia incluida en la señal, siendo los valores de bits por portadora conocidos por el equipo de cabecera, e indicando el equipo de cabecera la información del número de bits por portadora utilizado en cada portadora mediante los encabezamientos de los mensajes que son enviados al grupo de equipos de usuario, en los que también informa de la pertenencia de los usuarios al grupo (reasignación dinámica de los grupos de usuario).

10

15

20

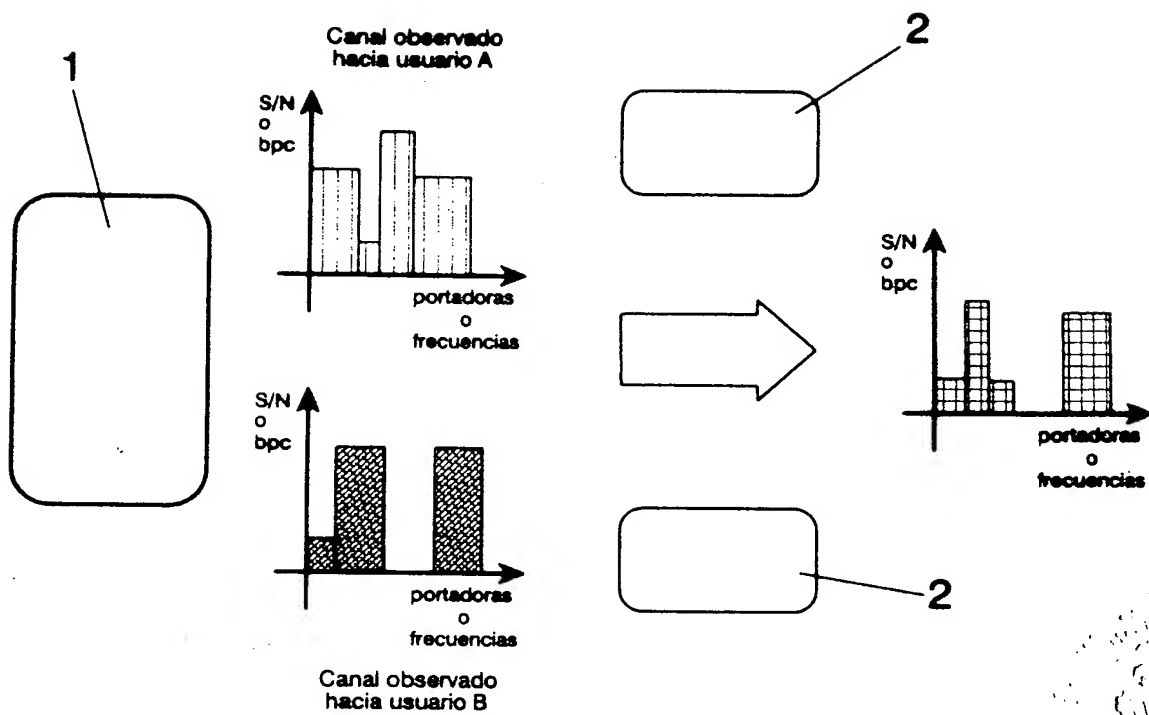


FIG. 1